



⑲ Aktenzeichen: 197 39 456.6
⑳ Anmeldetag: 3. 9. 97
㉑ Offenlegungstag: 4. 3. 99

⑦1 Anmelder:
Hüttinger Medizintechnik GmbH & Co. KG, 79224
Umkirch, DE

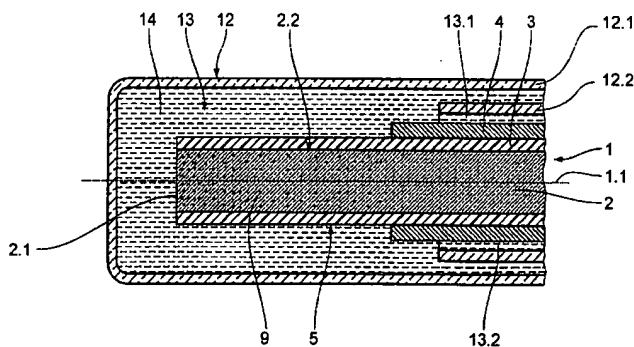
⑦4 Vertreter:
Christiansen, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 14195 Berlin

⑦2 Erfinder:
Glötz, Manfred, Dr., 79238 Ehrenkirchen, DE;
Scholz, Clemens, Dr., 79114 Freiburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Applikationsvorrichtung für die Behandlung von Körpergewebe mittels Licht

⑤7 Applikationsvorrichtung für die Behandlung von Körpergewebe mittels Licht, insbesondere mittels Laserlicht, die wenigstens eine Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') umfaßt, die derart ausgebildet ist, daß sie über ihren distalen Endbereich zur diffusen Bestrahlung von umliegendem Körpergewebe über einen bestimmten Winkelbereich Licht in beliebigen Richtungen abstrahlt, wobei der Faserkern (2, 2', 2'', 2''') der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') über seinen distalen Endbereich (5, 5', 5'') mit Streueinrichtungen (9, 9') versehen ist, die das auf sie auftreffende Licht jeweils in eine beliebige Richtung quer zur Lichtleitrichtung der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') ablenken, und wobei wenigstens ein Teil der Streueinrichtungen (9, 9') im Innern des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') angeordnet ist.



Die Erfindung betrifft eine Applikationsvorrichtung für die Behandlung von Körpergewebe gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Herstellungsverfahren für eine

Es ist bekannt, daß das mit einer Laserfaser übertragene und am Ende der Laserfaser austretende Laserlicht durch Absorption in biologischem Gewebe zu dessen Erwärmung beiträgt, welche wiederum zur interstitiellen Koagulation des Gewebes genutzt werden kann. Weiterhin ist bekannt, daß bei Bestrahlung von biologischem Gewebe mit Laserlicht einer eine Schwelle überschreitenden Leistungsdichte eine Veränderung des Gewebes über die Koagulation hinaus zu einer Karbonisation führt. Die Karbonisation des biologischen Gewebes verändert die optischen Parameter des Gewebes derart stark, daß der Prozeß der gewünschten Koagulation, insbesondere in größere Tiefen, unkontrollierbar gestört ist.

Es sind viele Lösungen bekannt, die Laserleistungsdichten derart niedrig zu halten, daß der Prozeß der Karbonisation nicht eintritt, wogegen die Koagulation aber trotzdem stattfindet. Die in den letzten Jahren erfolgreichste Methode ist die diffuse Abstrahlung des von der Laserlichtfaser übertragenen Lichtes durch diffuse Streuung im distalen (im Gewebe liegenden, vorderen) Faserende. Allen bekannten Verfahren haften jedoch verschiedene Nachteile an.

Es sind beispielsweise Applikationsvorrichtungen mit Lichtleitfasern bekannt, bei denen die diffuse Lichtabstrahlung an den Faserenden dadurch erzielt wird, daß die glatte, seitliche Oberfläche des Faserkerns über den Endbereich der Faser, über den die diffuse Lichtabstrahlung erfolgt, mit Streueinrichtungen versehen ist, die das auf sie auftreffende Licht jeweils in eine Richtung quer zur Lichtleitrichtung der Faser ablenken. Damit verbunden ist ein seitlicher Lichtaustritt über eine bestimmte Länge am distalen Ende der Faser. Nachteilig ist hierbei, daß die Faser, die in der Regel aus einem Faserkern mit einem diesen umgebenden optischen Mantel (sog. Cladding) und einem äußeren Hüllmantel (sog. Coating) aufgebaut ist, bis auf den Faserkern von dem Cladding und Coating befreit werden muß, um die glatte Oberfläche des Faserkerns anschließend chemisch und/oder mechanisch zu bearbeiten. Hierdurch wird die so präparierte Spitze zum einen hochgradig bruchempfindlich. Zum anderen verändert sich aufgrund des fehlenden Claddings die Bedingungen des Grenzflächenübergangs vom Faserkern an die Umgebung und somit die Streuwirkung in nachteiliger Weise. Durch den Schutz dieses Faserbereiches mittels einer nachträglich aufgetragenen Glaskapillare (Glasdom) kann zwar die Streuwirkung gesichert und die hohe Bruchempfindlichkeit reduziert werden. Letztlich wird dadurch aber der Fertigungsaufwand erhöht und im übrigen bleibt auch der Glasdom bruchempfindlich.

Weiterhin sind Streuapplikatoren bekannt, die ihre Lichtstreuungseigenschaft aus einem separaten optischen Diffusorelement beziehen, welches distal vor dem Ende der Lichtleitfaser angeordnet ist. Die Verbindung der Faser mit dem optischen Diffusorelement erfolgt meist durch eine Verklebung. Das mit der Faser verbundene Diffusorelement übernimmt über seine Länge die Streuung des Laserlichts. Diese Streuapplikatoren weisen jedoch ebenfalls eine Anzahl nachteiliger Eigenschaften auf. Der Streukörper ist oftmals mechanisch starr, wodurch die Verbindungsstelle zur Faser äußerst biegeempfindlich ist. Ist das distale Ende mit einem Glasdom geschützt, so ist dieser bruchempfindlich. Die Kontaktstelle zwischen Streukörper und Faser ergibt konstruktionsbedingt eine optische Schwachstelle, da Flüssigkeiten eindiffundieren können und so Absorptionserhöhungen thermische Pro-

bleme erzeugen können.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Applikationsvorrichtung für die Behandlung von Körpergewebe mittels Licht zur Verfügung zu stellen, die bei einfacher Herstellung die genannten Nachteile nicht oder in geringerem Maße aufweist. Weiterhin besteht die Aufgabe darin, ein Herstellungsverfahren für eine derartige Applikationsvorrichtung anzugeben.

Die Aufgabe wird, ausgehend von einer Applikationsvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale sowie durch das Herstellungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 16 gelöst.

Die Erfindung schließt die technische Lehre ein, daß man eine besonders einfach herzustellende gattungsgemäße Applikationsvorrichtung mit sowohl besonders guten und gut einstellbaren optischen Eigenschaften als auch günstigen mechanischen Eigenschaften erhält, wenn wenigstens ein Teil der Streueinrichtungen im Innern des Faserkerns der Lichtleitfaser angeordnet ist.

Im Gegensatz zu den bekannten gattungsgemäßen Applikationsvorrichtungen, bei denen die Streueinrichtungen nur auf der glatten Oberfläche des Faserkerns angeordnet sind, steht bei der erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung mehr Raum für die Anordnung der Streueinrichtungen zur Verfügung. Hierdurch sind die Streueigenschaften des distalen Endes der Lichtleitfaser in größerem Umfang einstellbar als dies bei den bekannten Applikationsvorrichtungen der Fall ist. Durch eine gezielte Verteilung der Streueinrichtungen in unterschiedlichen Tiefen innerhalb des Faserkerns ist beispielsweise eine homogenere Verteilung Abstrahlungsintensität über den distalen Endbereich der Lichtleitfaser erzielbar. Es versteht sich, daß dabei auch sämtliche Streueinrichtungen im Innern des Faserkerns angeordnet sein können, d. h. die Mantelfläche des Faserkerns dann frei von Streueinrichtungen ist.

Ein weiterer Vorteil liegt in der reduzierten Bruchempfindlichkeit des mit Streueinrichtungen versehenen Endabschnittes des Faserkerns. Diese rührt daher, daß die Kerbspannungsempfindlichkeit des Faserkerns dank der Anordnung der Streueinrichtungen im Innern des Faserkerns im Vergleich zu den bekannten Applikationsvorrichtungen deutlich herabgesetzt ist, bei denen die Streueinrichtungen in Form von chemisch und/oder mechanisch eingebrachten Kerben ausschließlich auf der ohnehin besonders kerbspannungsempfindlichen Faserkernoberfläche angeordnet sind.

Die Streueinrichtungen sind vorzugsweise als Störstellen in der Struktur des Faserkerns ausgebildet. Sie können bereits während der Herstellung des Faserkerns, beispielsweise durch entsprechende Dotierung des Kernmaterials erzeugt werden.

Vorzugsweise erfolgt die Einbringung dieser Störstellen jedoch erst nach Herstellung der Lichtleitfaser durch das Einbringen in die Struktur des Faserkerns, beispielsweise mittels eines fokussierten Laserstrahls. Hierbei wird die Festigkeit des Faserkerns, wenn überhaupt, nur in sehr geringem Maße beeinträchtigt. Ein besonderer Vorteil liegt weiterhin darin, daß derart eingebrachte Störstellen, anders als durch Dotierung mit Fremdmaterialien erzeugte Störstellen, kein Licht absorbieren und es somit auch zu keiner zusätzlichen Erwärmung der Lichtleitfaser kommt.

Zudem ist die Elastizität der bearbeiteten vorgefertigten Lichtleitfaser durch den bei einer solchen Bearbeitung möglichen Erhalt des Claddings sichergestellt, wobei insbesondere Glaskernfasern mit Kunststoffcladding ihre Biegebarkeit durch die Verbindung Kunststoffcladding-Glaskern erhalten. Hieraus ergibt sich noch ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung. Durch die hier-

bei sichergestellte Elastizität der Lichtleitfaser kann der distale Endbereich ohne mechanische Einbußen besonders lang ausgeführt sein. Die Dichte der Streueinrichtungen kann dann über die Länge des distalen Endbereich entsprechend gering gewählt sein, so daß man eine gleichmäßig diffuse Abstrahlung des Behandlungslichtes über einen im Vergleich zu den bekannten Applikationsvorrichtungen bedeutend längeren distalen Endbereich erhält.

Bei bevorzugten Ausführungen der Erfindung sind die Streueinrichtungen in Längs-, Radial- und Umfangsrichtung des Faserkerns derart verteilt angeordnet und/oder verfügen in Längs-, Radial- und Umfangsrichtung des Faserkerns über eine derartige Größenverteilung, daß das Licht zur Behandlung des Körpergewebes mit einer vorgegebenen Intensitätsverteilung aus dem distalen Endbereich der Lichtleitfaser austritt. Die Dichte der Streueinrichtungen bzw. deren Größe richtet sich dabei nach der gewünschten Abstrahlintensität in dem jeweiligen Abschnitt des distalen Endbereichs der Lichtleitfaser. Soll in einem Abschnitt des distalen Endbereichs eine besonders große Lichtmenge radial zur Lichtleitfaser abgestrahlt werden, so ist in dem entsprechenden Abschnitt des Faserkerns eine hohe Streueinrichtungs-dichte zu wählen bzw. sind die gleichmäßig verteilten Streueinrichtungen dort entsprechend groß zu wählen. Soll beispielsweise in einem Abschnitt des distalen Endbereichs der Hauptanteil des Behandlungslichtes radial zur Faser nach außen abgestrahlt werden, so ist in dem entsprechenden Abschnitt des Faserkerns eine besonders hohe Streueinrichtungs-dichte zu wählen, wobei sich die Verteilung auf den Abschnitt des Faserkerns danach richtet, ob noch ein relativ großer Anteil des Behandlungslichtes in weiter distal gelegene Abschnitte des Endbereichs gelangen soll. Ist dies der Fall, so sind in dem entsprechenden Abschnitt die Streueinrichtungen auf den näher an der Faseroberfläche gelegenen Bereich des Faserkerns konzentriert. Der Zentralbereich des Faserkerns in diesem Faserabschnitt weist dann eine geringere Streueinrichtungs-dichte auf, wodurch in diesem Bereich noch ein beträchtlicher Anteil des Behandlungslichtes in weiter distal gelegene Abschnitte des Endbereichs des Faserkerns gelangen kann. Soll dies nicht der Fall sein, so weist der entsprechende Abschnitt des Endbereichs des Faserkerns über seinen gesamten Querschnitt eine entsprechend hohe Streueinrichtungs-dichte auf.

Eine in Umfangsrichtung des Faserkerns konstante Abstrahlintensität ergibt sich, wenn in Schnittebenen senkrecht zur Längsachse des Faserkerns die Streueinrichtungen in Umfangsrichtung des Faserkerns gleichmäßig verteilt sind. Sind aber in Umfangsrichtung des Faserkerns beispielsweise über einen oder mehrere Winkelbereiche mehr oder größere Streueinrichtungen vorhanden als in den übrigen Winkelbereichen der jeweiligen Schnittebene, so ergibt sich eine Intensitätsverteilung, bei der die Intensität des radial aus der Faser abgestrahlten Behandlungslichtes in Umfangsrichtung des Faserkerns variiert. Je nach den Unterschieden in der Streueinrichtungs-dichte- und/oder -größe über die jeweiligen Winkelbereiche fällt die Variation der Intensität dabei mehr oder weniger stark aus.

Es hat sich gezeigt, daß hierdurch in vorteilhafter, weil einfacher Weise die Intensitätsverteilung mit der das Licht zur Behandlung des Körpergewebes über den distalen Endbereich der Lichtleitfaser austritt in weiten Grenzen eingestellt werden kann.

Vorzugsweise ist die Verteilung und/oder Größe der Streueinrichtungen so gewählt, daß das Licht radial zur Lichtleitfaser in Längsrichtung des distalen Endbereichs der Lichtleitfaser mit im wesentlichen konstanter Intensität austritt. Weiter vorzugsweise ist die Verteilung und/oder Größe der Streueinrichtungen so gewählt, daß die Intensität des aus

dem distalen Endbereich der Lichtleitfaser austretenden Lichtes über den gesamten distalen Endbereich im wesentlichen konstant ist. Das gesamte an den distalen Endbereich der Lichtleitfaser angrenzende Körpergewebe wird somit in günstiger Weise gleichmäßig diffus bestrahlt. Lokale Überbelastungen des Körpergewebes werden somit in einfacher Weise vermieden.

Bei anderen günstigen Weiterbildungen der Erfindung sind die Streueinrichtungen derart ungleichmäßig über den Endbereich des Faserkerns in Umfangsrichtung verteilt angeordnet und/oder verfügen in Umfangsrichtung des Faserkerns über eine derart ungleichmäßige Größenverteilung, daß die Intensität des radial zur Lichtleitfaser abgestrahlten Lichts zur Behandlung des Körpergewebes in Umfangsrichtung der Lichtleitfaser variiert. Liegen die Streueinrichtungen beispielsweise in Ebenen senkrecht zur Längsachse des Faserkerns in einem an die Faserkernoberfläche reichenden angeordneten Kreissegment, das sich lediglich über einen kleinen Segmentwinkel erstreckt, so werden ein Teil der von diesen Streueinrichtungen abgelenkten Behandlungslichtstrahlen unter einem Winkel zur Flächennormalen der Faserkernoberfläche auf die Faserkernoberfläche, der über dem Totalreflexionswinkel der Faser liegt und tritt somit nicht aus dem Faserkern aus. Es ergibt sich somit ein Winkelbereich, in dem kein oder wenig Licht radial aus der Faser austritt.

Bei weiteren günstigen Ausführungsformen der Erfindung sind die Streueinrichtungen über den distalen Endbereich des Faserkerns derart verteilt angeordnet und/oder verfügen über eine derartige Größe, daß der in Lichtleitrichtung der Lichtleitfaser aus der distalen Endfläche austretende Anteil des Lichts zur Behandlung des Körpergewebes höchstens 10% beträgt. Hierdurch ist in einfacher Weise sichergestellt, daß nicht zuviel Behandlungslicht aus der distalen Endfläche der Lichtleitfaser austritt und so in Lichtleitrichtung distal der Faser liegendes Körpergewebe übermäßig bestrahlt wird.

Bei vorteilhaften Ausführungen der Erfindung nimmt die Dichte und/oder die Größe der Streueinrichtungen über den Endbereich des Faserkerns in Längsrichtung des Faserkerns zum distalen Ende der Lichtleitfaser hin exponentiell zu.

Hierdurch kann in einfacher und vorteilhafter Weise die exponentielle Abnahme der Lichtleistung in Lichtleitrichtung des distalen Endbereichs kompensiert werden. Das Licht tritt dann radial zur Lichtleitfaser in Längsrichtung des distalen Endbereichs der Lichtleitfaser mit im wesentlichen konstanter Intensität aus.

Bei günstigen Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung sind die Streueinrichtungen im wesentlichen über die gesamte Länge des distalen Endbereichs im wesentlichen über den gesamten Querschnitt des distalen Endbereichs verteilt. Die Streueinrichtungen sind dabei in Radialrichtung des Faserkerns vorzugsweise gleichmäßig verteilt. Hierdurch wird erreicht, daß der mehr oder weniger koaxial zur Lichtleitfaser verlaufende Anteil des Behandlungslichtes über die Länge des distalen Endbereichs der Faser sukzessive zerstreut wird, wodurch eine über den distalen Endbereich besonders gleichmäßige diffuse Abstrahlung des Behandlungslichtes erzielt werden kann.

Bei anderen vorteilhaften Ausführungen der erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung sind die Streueinrichtungen über den Endbereich des Faserkerns über einen schmalen Ringbereich angeordnet, dessen innere Mantelfläche einen geringen, im wesentlichen konstanten senkrechten Abstand von der Mantelfläche des Faserkerns aufweist. Der Ringbereich kann dabei beispielsweise die Form eines dünnwandigen, zur Lichtleitfaser koaxialen Hohlzylinders aufweisen. Die Streueinrichtungen können dabei in einer

oder mehreren radialen Schichten in der Wand dieses Hohlzylinders angeordnet sein.

Bei diesen Ausführungen trifft nur ein Teil des Behandlungslichtes auf Streueinrichtungen und wird von diesen nach außen abgelenkt. Der übrige Teil des Behandlungslichtes, insbesondere der Teil, der vom Ringbereich beabstandet im wesentlichen parallel zur Längsachse der Lichtleitfaser verläuft, gelangt, ohne abgelenkt zu werden, an die distale Endfläche der Lichtleitfaser. Die Größe des seitlich abgestrahlten Anteils des Behandlungslichtes hängt von der Ausdehnung des Ringbereiches in Längsrichtung der Lichtleitfaser, d. h. der Länge des Ringbereiches, und von der Streueinrichtungsichte und/oder der Größe dieser Streueinrichtungen ab. Je länger der Ringbereich, also je länger der distale Endbereich, über den die diffuse Abstrahlung erfolgt, desto größer ist der über diesen distalen Endbereich seitlich abgestrahlte Anteil des Behandlungslichtes. Weiterhin ist der seitlich abgestrahlte Anteil des Behandlungslichtes umso größer je größer die Streueinrichtungsichte und/oder die Abmessungen dieser Streueinrichtungen gewählt sind. Durch entsprechende Wahl dieser Parameter kann somit die Intensitätsverteilung des diffus über den distalen Endbereich der Lichtleitfaser abgestrahlten Behandlungslichtes in besonders einfacher Weise eingestellt werden.

Vorzugsweise ist bei diesen Ausführungen zusätzlich ein sich höchstens über 20% der Länge des Endbereiches erstreckender Abschnitt vorgesehen, in dem die Streueinrichtungen im wesentlichen über den gesamten Querschnitt des Endbereichs verteilt sind. Dieser Abschnitt schließt dabei an die distale Endfläche des Faserkerns an. Hierdurch ist sichergestellt, daß das ablenkungsfrei zur distalen Endfläche der Lichtleitfaser gelangende Behandlungslicht ebenfalls zerstreut wird und so in Lichtleitrichtung distal der Faser liegendes Körpergewebe nicht übermäßig bestrahlt wird.

Der Durchmesser der Streueinrichtungen beträgt bei günstigen Ausführungen etwa 0,2 bis 4%, vorzugsweise 0,25 bis 2,5% des Durchmessers des Faserkerns. Alternativ liegt der Durchmesser der Streueinrichtungen zwischen 1 und 20 µm, vorzugsweise zwischen 1 und 10 µm. Mit diesen Abmessungen lassen sich die Streueigenschaften des distalen Endbereichs der Lichtleitfaser besonders gut und einfach einstellen.

Bei vorteilhaften Weiterbildungen der Erfindung ist der distale Endbereich des Faserkerns mit einem optischen Mantel versehen. Zusätzlich oder alternativ kann der distale Endbereich der Lichtleitfaser mit einem äußeren Hüllmantel und/oder einer Schutzkappe aus Glas oder Kunststoff versehen sein. Hierdurch werden zum einen die mechanischen und zum anderen die optischen Eigenschaften der Lichtleitfaser verbessert bzw. wiederhergestellt.

Vorzugsweise ist die Lichtleitfaser flexibel ausgebildet, wodurch ein besonders vielseitiger Einsatz der Applikationsvorrichtung möglich ist.

Bei günstigen Ausführungen der Erfindung ist die Lichtleitfaser in einem Hüllkatheter angeordnet, der zum Spülen des distalen Endes der Lichtleitfaser mit einem Gas oder einer Flüssigkeit geeignet ist. Der distale Endbereich der Faser kann dadurch in einfacher Weise zur Vermeidung lokaler Überhitzungen gekühlt werden.

Bei vorteilhaften Ausführungen der erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung ist wenigstens Teil des distalen Endes der Lichtleitfaser konisch ausgebildet, wodurch eine direkte Punktion von Gewebereichen mit der Faser ermöglicht ist.

Die Erfindung schließt weiterhin die technische Lehre ein, daß sich die Herstellung einer erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung besonders einfach und vorteilhaft gestaltet, wenn die Streueinrichtungen jeweils durch einen

Strahl gebündelter elektromagnetischer Wellen erzeugt werden, dessen Energie im Brennpunkt gerade ausreicht, um in der Struktur im Innern des Faserkerns eine Strukturveränderung zu bewirken, die die jeweilige Streueinrichtung bildet.

Durch die Fokussierung des Strahls ins Innere der Faser (in den Faserkern) von der Seite her wird eine im µm-Bereich liegende örtliche Feldstärkeüberhöhung erzielt, die einen optischen Durchbruch bewirkt. Hierdurch lassen sich in besonders schneller und einfacher Weise mikroskopische Strukturveränderungen im Inneren des Faserkerns erzeugen. Die Verteilung und Größe der Streueinrichtungen kann dabei in besonders einfacher Weise durch die Fokussierung des Strahles auf eine vorgegebene Stelle im Faserkern exakt bestimmt werden. Die negative Eigenschaft vieler Streuapplikatoren, daß sie ungleichmäßige, auch von Faser zu Faser sehr unterschiedliche Intensitätsverteilung des Streulichtes aufweisen kann hierdurch in besonders einfach zu bewerkstelligender Weise vermieden werden.

Vorzugsweise handelt es sich bei dem die Streueinrichtungen erzeugenden Strahl um einen Laserstrahl. Es können jedoch auch andere gebündelte elektromagnetische Wellen, beispielsweise Mikrowellen, zum Einsatz kommen. Wichtig ist lediglich, daß ihre Energie im Brennpunkt des Strahles gerade ausreicht, um die Strukturveränderung im Innern des Faserkerns zu erzeugen. Es versteht sich, daß der Brennpunkt dabei eine gewisse räumliche Ausdehnung aufweisen kann, die jedoch die erwünschten Abmessungen der Streueinrichtung nicht überschreitet. Die Strahlenergie außerhalb des Brennpunktes sollte hingegen nicht ausreichen, um eine derartige Strukturveränderungen im Inneren des Faserkerns zu erzeugen, da andernfalls die erwünschte Abmessungen der Streueinrichtung überschritten werden. Die Größe der jeweiligen Streueinrichtung wird vorzugsweise durch die Einschaltdauer des Strahls, die Leistung und Energie des Strahlpulses sowie die optischen Parameter der Fokussierungsoptik bestimmt.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens liegt darin, daß die mechanisch guten Eigenschaften kommerzieller Lichtleitfasern, wie sie auch in der Medizintechnik verwendet werden, bei der Herstellung der Streueinrichtungen in der Lichtleitfaser dadurch erhalten bleiben, daß die Faser unbeeinflusst von mechanischen und chemischen Prozessen einer Bearbeitung mit elektromagnetischen Wellen, insbesondere einer Laserbearbeitung, unterzogen wird.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens wird während der Erzeugung der Streueinrichtungen im Faserkern kontinuierlich oder intermittierend Kontrolllicht in das proximale Ende der Lichtleitfaser eingekoppelt und durch die Lichtleitfaser gesandt. Die Intensitätsverteilung des über das distale Ende der bearbeiteten Lichtleitfaser abgestrahlten Kontrolllichts wird dabei kontinuierlich oder intermittierend gemessen. In Abhängigkeit von der gemessenen Intensitätsverteilung des am distalen Ende der bearbeiteten Lichtleitfaser abgestrahlten Kontrolllichts wird die räumliche Verteilung und/oder die Größe der erzeugten Streueinrichtungen geregelt. Hierdurch kann eine Intensitätsverteilung über das distale Ende der Lichtleitfaser erzielt werden, die exakt einer vorgegebenen Intensitätsverteilung entspricht bzw. dieser besonders nahe kommt. Während der Generation der Streueinrichtungen erfolgt also eine online-Kontrolle durch in die Faser eingekoppeltes Laserlicht. Die Erfindung bietet somit die Möglichkeit, gezielte Streuverteilung gesteuert und geregelt zu erzeugen.

Bei bevorzugten Ausführungen der Erfindung wird das distale Ende des Faserkerns nach der Erzeugung der Streueinrichtungen mit einem optischen Mantel versehen, um die

optischen und mechanische Eigenschaften der Lichtleitfaser zu verbessern.

Bei besonders vorteilhaften Varianten werden für die Lichtleitfasern kommerziell erhältliche Fasern verwendet, die bereits mit wenigstens einem optischen Mantel versehen sind. In diesem Fall erfolgt das Erzeugen der Streueinrichtungen im Faserkern unter Belassen des optischen Mantels auf dem Faserkern. Dies ist deshalb möglich, weil der Strahl zur Erzeugung der Streueinrichtungen im Bereich des auf dem Faserkern befindlichen Mantels noch nicht fokussiert ist und somit dort die Schwelle für optischen Durchbruch noch nicht erreicht. Der Mantel wird somit bei der Erzeugung der Streueinrichtungen nicht beeinträchtigt. Hierdurch ist aber in einfacher Weise die Elastizität der Faser durch Erhalt des Mantels gesichert, wobei insbesondere Glaskernfasern mit Kunststoffmantel ihre Biegebarkeit durch die Verbindung Kunststoffmantel-Glaskern erhalten.

Bei Verwendung einer Quarz/Quarz-Faser (Faserkern und optische Mantel jeweils aus Quarzglas) wird die Biegeelastizität durch einen dritten Mantel (einen sog. Buffer) aus Silikon gegeben, so daß auch bei diesem Fasermaterial die präparierte Faserspitze nicht bruchempfindlich ist. Auch hier müssen die Fasern nicht bis auf den Glaskern freipräpariert werden, wodurch die Faserelastizität erhalten bleibt. Die mechanisch guten Eigenschaften einer kommerziellen Lichtleitfaser, wie sie auch in der Medizintechnik verwendet wird, bleiben somit bei der Herstellung der Streueinrichtungen in der Lichtleitfaser erhalten.

Bei vorteilhaften Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens wird das distale Ende der Lichtleitfaser mit einem Hüllmantel und/oder einer Schutzkappe aus Glas oder Kunststoff versehen, um die Beschädigungs-, insbesondere die Bruchempfindlichkeit der Faser noch weiter herabzusetzen.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungen der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch das distale Ende eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch das distale Ende eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung,

Fig. 3 einen Schnitt entlang der Linie III-III in **Fig. 2**,

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Intensitätsverteilung des Behandlungslichtes in Längsrichtung des distalen Endes der Applikationsvorrichtung aus **Fig. 1** bzw. **2**,

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Intensitätsverteilung des Behandlungslichtes in Umfangsrichtung des distalen Endes einer weiteren erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung,

Fig. 6 eine schematische Darstellung der Intensitätsverteilung des Behandlungslichtes in Längsrichtung des distalen Endes einer weiteren erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung.

Fig. 1 zeigt das distale, d. h. das dem (hier nicht gezeigten) zu behandelten Körpergewebe zugewandte Ende einer erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung zum Behandeln von Körpergewebe mittels Licht. Die Applikationsvorrichtung weist eine Lichtleitfaser 1 auf, die aus einem Faserkern 2 aus Quarzglas, einem optischen Mantel 3 und einem äußeren Hüllmantel 4 besteht, die beide ebenfalls lichtdurchlässig sind. Die Lichtleitfaser 1 ist von einem zu dieser koaxial angeordneten Hüllkatheter 12 umgeben.

Der Faserkern 2 ist über den distalen Endbereich 5 der Lichtleitfaser 1 in seinem Innern mit Streueinrichtungen

versehen. Die Streueinrichtungen sind dabei von Störstellen 9 in der Struktur des Faserkerns 2 gebildet, die mittels eines auf die jeweilige Position der Störstellen 9 fokussierten Laserstrahles in die Struktur des Faserkerns 2 eingebracht wurden.

Trifft ein Lichtstrahl auf eine Störstelle 9 auf, so wird er von dieser in einen bestimmten Winkelbereich gestreut. Die Richtung, in die eine Störstelle einen Lichtstrahl ablenkt ist bei der Herstellung der Störstelle nicht vorbestimmbar. Befindet sich also eine ausreichend große Menge Störstellen in einem bestimmten Volumenelement des Faserkerns so wird das auf dieses Volumenelement auftreffende Licht gleichmäßig in beliebige Raumrichtungen zerstreut. Die so zerstreuten Lichtstrahlen verlassen den Faserkern 2, sofern sie unter einem Winkel zur Flächennormalen der Faserkernoberfläche 2.2 auf die Faserkernoberfläche 2.2 auftreffen, der kleiner als der Totalreflexionswinkel der Lichtleitfaser 1 ist, die übrigen Lichtstrahlen werden an der Faserkernoberfläche 2.2 vollständig reflektiert und treten somit nicht aus dem Faserkern aus. Ein Teil des auf das mit einer ausreichenden Anzahl Störstellen versehene Volumenelement auftreffende Licht tritt also über einen durch den Totalreflexionswinkel der Lichtleitfaser 1 begrenzten Winkelbereich in verschiedensten Richtungen, d. h. diffus, seitlich aus dem Faserkern 2 aus.

Die Störstellen weisen einen Durchmesser von etwa 10 µm auf, wobei sie annähernd, aber nicht notwendigerweise, kreisscheiben- oder kugelförmige Gestalt aufweisen. Der Durchmesser des Faserkerns 2 beträgt ca. 400 µm. Aufgrund dieser Größenverhältnisse ist die Dichte der Störstellen 9 im distalen Endbereich 5 aus Gründen der Übersichtlichkeit nur schematisch dargestellt.

Die Störstellen 9 sind über die gesamte Länge des distalen Endbereichs 5 des Faserkerns 2 über im wesentlichen den gesamten Querschnitt des Faserkerns 2 angeordnet. Die Störstellen 9 sind dabei in Umfangsrichtung und in Radialrichtung des Endbereichs 5 gleichmäßig über den Endbereich 5 verteilt. In Längsrichtung der Lichtleitfaser 1 nimmt die Störstellendichte zur distalen Endfläche 2.1 des Faserkerns 2 hin exponentiell zu. Durch die Verteilung der Störstellen über den gesamten Querschnitt wird erreicht, daß das Behandlungslicht über die Länge des distalen Endbereichs 5 der Faser sukzessive zerstreut wird, wodurch eine über den distalen Endbereich besonders gleichmäßige diffuse Abstrahlung des Behandlungslichtes erzielt werden kann. Durch die exponentielle Zunahme der Störstellendichte wird die exponentielle Abnahme der Lichtleistung in Lichtleitrichtung des distalen Endbereichs 5 kompensiert. Das Licht tritt daher radial zur Lichtleitfaser in Längsrichtung des distalen Endbereichs 5 der Lichtleitfaser 1 mit im wesentlichen konstanter Intensität aus. Im Ergebnis erhält man mit dieser Ausführung eine über den gesamten distalen Endbereich 5, also auch über der distalen Endfläche 2.1 des Faserkerns 2, etwa konstante Intensität des diffus aus dem Faserkern 2 austretenden Behandlungslichts.

Der Hüllkatheter 12 weist eine Außenhülle 12.1 und einen zu dieser koaxialen Innenschlauch 12.2 auf. Der Hüllkatheter 12 besteht aus einem lichtdurchlässigen, das Behandlungslicht nicht absorbierenden und temperaturfesten Kunststoff. Der Hüllkatheter 12 bildet dabei einen Spülkanal 13, der den distalen Endbereich 5 des Faserkerns 2 umgibt. Im Spülkanal 13 zirkuliert Spülflüssigkeit 14, die durch den zwischen der Außenhülle 12.1 dem Innenschlauch 12.2 und der Lichtleitfaser 1 gebildeten Zulauf 13.1 zugeführt und durch den zwischen der Außenhülle 12.1 und dem Innenschlauch 12.2 gebildeten Ablauf 13.2 abgeführt wird. Die Spülflüssigkeit dient dazu den distalen Endbereich 5 zu kühlen und somit eine lokale Überhitzung der Lichtleitfaser

1 zu verhindern. Der Hüllkatheter 12 stellt im übrigen einen zusätzlichen Schutz für den distalen Endbereich 5 der Lichtleitfaser 1 dar.

Zur Herstellung der in Fig. 1 gezeigten Applikationsvorrichtung wird zunächst der äußere Hüllmantel 4 über den distalen Endbereich 5 von der Lichtleitfaser 1 entfernt. Der optische Mantel 3 verbleibt jedoch auf dem Faserkern 2. Die Störstellen 9 werden mittels eines auf die Position der jeweiligen zu erzeugenden Störstelle 9 fokussierten Laserstrahls erzeugt. Die Energie des Laserstrahls reicht dabei im Brennpunkt gerade aus, um eine im μm -Bereich liegende örtliche Feldstärkeüberhöhung zu erzielen, die einen optischen Durchbruch und damit eine die Störstelle 9 bildende mikroskopische Strukturveränderung im Inneren des Faserkerns bewirkt. Der Laserstrahl ist dabei solange eingeschaltet, bis sich eine Störstelle 9 gewünschter Größe gebildet hat. Die Störstellen 9 sind lokale Strukturveränderungen des Fasermaterials, in denen die optischen Eigenschaften des Fasermaterials derart modifiziert sind, daß an ihnen eine Streuung des Behandlungslichtes aber im wesentlichen keine Absorption des Behandlungslichtes erfolgt, wodurch eine Eigenerwärmung des Fasermaterials vermieden wird.

Während der Erzeugung der Störstellen 9 im Faserkern 2 wird kontinuierlich Kontrolllicht in das proximale Ende der Lichtleitfaser 1 eingekoppelt und durch die Lichtleitfaser gesandt. Die Intensitätsverteilung des über den distalen Endbereich 5 der bearbeiteten Lichtleitfaser 1 abgestrahlten Kontrolllichts wird kontinuierlich gemessen. In Abhängigkeit von der gemessenen Intensitätsverteilung des über den distalen Endbereich 5 der bearbeiteten Lichtleitfaser 1 abgestrahlten Kontrolllichts wird die Dichte der erzeugten Störstellen 9 geregelt. Dabei wird in Längsrichtung der Lichtleitfaser 1 vom proximalen Ende des distalen Endbereichs 5 her mit der Einbringung der Störstellen 9 begonnen. Es werden gerade soviel bzw. so lange Störstellen 9 in den Faserkern eingebracht, bis die gemessene Abstrahlintensität über dem gerade bearbeiteten Längsabschnitt des Faserkerns 2 einer bestimmten vorberechneten Abstrahlintensität entspricht. Hierdurch kann Intensitätsverteilung über das distale Ende der Lichtleitfaser erzielt werden, die exakt einer vorgegebenen Intensitätsverteilung entspricht bzw. dieser besonders nahe kommt.

Das Erzeugen der Störstellen 9 im Faserkern 2 erfolgt unter Belassen des optischen Mantels 3 auf dem Faserkern 2. Dies ist deshalb möglich, weil der Laserstrahl zur Erzeugung der Störstellen 9 im Bereich des auf dem Faserkern 2 befindlichen optischen Mantels 3 noch nicht fokussiert ist und somit dort die Schwelle für optischen Durchbruch noch nicht erreicht. Der optische Mantel 3 wird somit bei der Erzeugung der Störstellen 9 nicht beeinträchtigt. Hierdurch ist die Elastizität der Lichtleitfaser 1 durch Erhalt des aus Kunststoff bestehenden optischen Mantels 3 gesichert, da die Lichtleitfaser 1 ihre Biegebarkeit durch die Verbindung Kunststoffmantel-Glaskern erhält. Die mechanisch guten Eigenschaften einer kommerziellen Lichtleitfaser 1, wie sie üblicherweise in der Medizintechnik verwendet wird, bleiben somit bei der Herstellung der Störstellen 9 in der Lichtleitfaser 1 erhalten.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführung der vorliegenden Erfindung. Art und Aufbau entspricht grundsätzlich der Applikationsvorrichtung aus Fig. 1, so daß hier nur auf die wesentlichen Unterschiede eingegangen werden soll.

Ein Unterschied zur Ausführung aus Fig. 1 besteht darin, daß der Faserkern 2' in seinem Innern über einem dünnwandigen hohlzylinderförmigen Ringbereich 7 und einen kreiszylindrischen Abschnitt 8 mit Störstellen 9' versehen ist. Sowohl der Ringbereich 7 als auch der Abschnitt 8 verlaufen koaxial zur Längsachse 1.1' der Lichtleitfaser 1'. Der Ring-

bereich 7 erstreckt sich dabei im wesentlichen über die gesamte Länge des distalen Endbereiches 5' der Lichtleitfaser 1', wobei seine Außenkontur 7.1' sowohl von der distalen Endfläche 2.1' als auch von der Mantelfläche 2.2' des Faserkerns 2' einen konstanten senkrechten Abstand aufweist. Der Abschnitt 8 liegt im Innern des Ringbereichs 7 und schließt dabei in radialer Richtung unmittelbar an die Innenkontur 7.2' des Ringbereichs 7 an. In Längsrichtung des Faserkerns 2' erstreckt er sich über 15% der Länge des distalen Endbereiches 5', wobei seine distale Deckfläche 8.1' von der distalen Endfläche 2.1' etwa denselben senkrechten Abstand aufweist wie die Außenkontur 7.1' des Ringbereichs 7.

Der distale Endbereich 5' der Lichtleitfaser 1' ist mit einer Schutzkappe 6 aus lichtdurchlässigem Kunststoff versehen. Das Behandlungslicht wird am nicht gezeigten proximalen Ende der Lichtleitfaser 1' in diese eingekoppelt und von der Lichtleitfaser 1' zum distalen Ende geleitet.

Aufgrund der Größenverhältnisse zwischen Faserkern 2' und Störstellen 9' sind der Abstand des Ringbereichs 7 und des Abschnitts 8 von der Oberfläche des Faserkerns sowie die Dichte der Störstellen 9' im Ringbereich 7 und im Abschnitt 8 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nur schematisch dargestellt.

Die Störstellen 9' sind über den Ringbereich 7 in mehreren koaxialen Zylinderschichten angeordnet, wobei sie, wie Fig. 3 zu entnehmen ist, in Umfangsrichtung des Ringbereichs 7 gleichmäßig über den Ringbereich 7 verteilt sind. In Längsrichtung des Ringbereichs nimmt die Störstellendichte zur distalen Endfläche 2.1' des Faserkerns hin zu. Hierdurch wird erreicht, daß über die Länge des distalen Endbereiches die Intensität des diffus seitlich zum Faserkern 2' austretenden Behandlungslichts einen sowohl in Längs- als auch in Umfangsrichtung etwa konstanten Wert aufweist.

Die Störstellen 9' sind über den gesamten Querschnitt des Abschnitts 8 angeordnet, wobei sie in Umfangsrichtung gleichmäßig verteilt sind. Die Dichte der in dem Abschnitt 8 angeordneten Störstellen 9' nimmt in Längsrichtung des Faserkerns 2' zur distalen Deckfläche 8.1' des Abschnitts 8 hin zu. Hierdurch wird zum einen erreicht, daß der noch auf den Abschnitt 8 auftreffende Rest des Behandlungslichtes ebenfalls zerstreut wird und auch aus der distalen Endfläche 2.1' des Faserkerns 2' diffus austritt.

Zum anderen wird durch die gewählte Störstellendichte im Abschnitt 8 in Verbindung mit der gewählten Länge des Ringbereichs 7 erreicht, daß die Intensität des diffus aus dem Faserkern 2' austretenden Behandlungslichts über den gesamten distalen Endbereich 5', also auch über der distalen Endfläche 2.1' des Faserkerns 2', einen etwa konstanten Wert aufweist. Die Länge des Ringbereichs 7 beeinflusst dabei den noch auf den Abschnitt 8 auftreffenden Anteil des Behandlungslichtes. Je länger der Ringbereich 7 ist, desto weniger Behandlungslicht gelangt zum Abschnitt 8, da dann im wesentlichen nur noch sehr schwach zur Längsachse 1.1' geneigte Lichtstrahlen 10.2 oder parallel zur Längsachse 1.1' verlaufende Lichtstrahlen zum Abschnitt 8 gelangen. Die Länge des Ringbereichs 7 ist im gezeigten Beispiel so gewählt, daß auf den Abschnitt 8 gerade noch ein so großer Anteil des Behandlungslichtes auftrifft, der bei diffuser Zerstreuung durch die Störstellen 9' im Abschnitt 8 eine Abstrahlintensität ergibt, die etwa denselben Wert aufweist wie die Abstrahlintensität über den restlichen Ringbereich 7.

Die Herstellung der dargestellten Applikationsvorrichtung erfolgt im wesentlichen nach demselben Schema, das bereits oben zu Fig. 1 beschrieben wurde. Nach Einbringen der Störstellen 9' in den Faserkern 2' wird der von dem äußeren Hüllmantel befreite distale Endbereich 5' mit einer lichtdurchlässigen Schutzkappe 6 versehen, die den distalen

Endbereich 5 vor Beschädigungen schützt. Es versteht sich jedoch, daß diese Schutzkappe nicht unbedingt erforderlich ist, da die mechanischen Eigenschaften der Lichtleitfaser bei der erfindungsgemäßen Applikationsvorrichtung ohnehin im wesentlichen erhalten bleiben.

Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch das distale Ende der Applikationsvorrichtung aus Fig. 2 entlang der Schnittlinie III-III. Wie Fig. 3 zu entnehmen ist, sind die Störstellen 9 über den zum Faserkern 2' koaxialen hohlzylinderförmigen Ringbereich 7 in Umfangsrichtung des Ringbereichs 7 gleichmäßig verteilt. Ebenso wie in Fig. 2 sind der Abstand des Ringbereichs 7 von der Mantelfläche 2.2' des Faserkerns 2' sowie die Dichte der Störstellen 9' im Ringbereich 7 aufgrund des Größenverhältnisses zwischen den Störstellen 9' und dem Faserkern 2' aus Gründen der Übersichtlichkeit nur schematisch dargestellt.

Eine der Intensitätsverteilung über den distalen Endbereich 5 bzw. 5' der Ausführung aus Fig. 1 bzw. 2 entsprechende Intensitätsverteilung 11 in Längsrichtung der Lichtleitfaser 1 ist schematisch in Fig. 4 dargestellt.

Es versteht sich, daß entsprechend der gewünschten oder erforderlichen Intensitätsverteilung auch eine andere Störstellenverteilung im Faserkern gewählt werden kann. Fig. 5 zeigt schematisch eine Intensitätsverteilung 11", die man erhält, wenn die Störstellen in einzelnen voneinander beabstandeten, zur Längsachse 1.1" der Lichtleitfaser 1" senkrechten Zylinderscheiben 15 anordnet. Im Bereich der Zylinderscheiben 15 wird dann seitlich zur Lichtleitfaser 1" jeweils ein großer Anteil abgestrahlt, während in Längsrichtung der Lichtleitfaser 1" zwischen den Zylinderscheiben 15 weniger Behandlungslicht abgestrahlt wird, so daß sich die gezeigte wellenförmige Intensitätsverteilung 11" ergibt.

Fig. 6 zeigt schematisch in einem Schnitt senkrecht zur Längsachse einer Lichtleitfaser 1''' die Intensitätsverteilung 11''' über den Umfang der Lichtleitfaser 1'''. Die Störstellen sind in zwei, bezüglich der Längsachse der Lichtleitfaser 1''' symmetrisch verlaufenden Zylindersegmenten im Faserkern 2''' angeordnet. In der gezeigten Schnittebene liegen die Störstellen in zwei nahe an die Faseroberfläche heranreichenden Kreissegmenten 16.1 und 16.2, die sich jeweils über einen Segmentwinkel von ca. 90° erstrecken. Diese in Umfangsrichtung des Faserkerns 2''' in Ebenen senkrecht zur Längsachse des Faserkerns 2''' ungleichmäßige Verteilung der Störstellen bewirkt, daß die Intensität des radial von der Lichtleitfaser 1''' abgestrahlten Lichtes in Umfangsrichtung der Lichtleitfaser 1''' variiert. Ein Teil der von den Störstellen abgelenkten Behandlungslichtstrahlen trifft unter einem Winkel zur Flächennormalen auf die Oberfläche des Faserkerns 2'', der über dem Totalreflexionswinkel der Lichtleitfaser 1''' liegt und tritt somit nicht aus dem Faserkern aus. Es ergibt sich somit in Umfangsrichtung des Faserkerns 2''' über die Winkelbereiche, über die keine Störstellen im Faserkern 2''' angeordnet sind, ein geringerer radialer Lichtaustritt aus der Lichtleitfaser als über die Winkelbereiche, über die Störstellen im Faserkern 2''' angeordnet sind.

Es versteht sich, daß durch entsprechende Anordnung der Störstellen im Faserkern auch andere, annähernd beliebig geformte Intensitätsverteilungen des diffus abgestrahlten Behandlungslichtes über dem distalen Endbereich der Lichtleitfaser erzielbar sind.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht.

Patentansprüche

1. Applikationsvorrichtung für die Behandlung von Körpergewebe mittels Licht, insbesondere mittels Laserlicht, die wenigstens eine Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') umfaßt, die derart ausgebildet ist, daß sie über ihren distalen Endbereich zur diffusen Bestrahlung von umliegendem Körpergewebe über einen bestimmten Winkelbereich Licht in beliebigen Richtungen abstrahlt, wobei der Faserkern (2, 2', 2'', 2''') der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') über seinen distalen Endbereich (5, 5', 5'', 5''') mit Streueinrichtungen (9, 9') versehen ist, die das auf sie auftreffende Licht jeweils in eine beliebige Richtung quer zur Lichtleitrichtung der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') ablenken, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens ein Teil der Streueinrichtungen (9, 9') im Innern des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') angeordnet ist.
2. Applikationsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Streueinrichtungen als Störstellen (9, 9') in der Struktur des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') ausgebildet ist.
3. Applikationsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Streueinrichtungen (9, 9') über den Endbereich (5, 5', 5'', 5''') des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') in Längs-, Radial- und Umfangsrichtung des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') derart verteilt angeordnet sind und/oder in Längs-, Radial- und Umfangsrichtung des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') über eine derartige Größenverteilung verfügen, daß das Licht zur Behandlung des Körpergewebes mit einer vorgegebenen Intensitätsverteilung aus dem distalen Endbereich der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') austritt.
4. Applikationsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Licht radial zur Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') in Längsrichtung des distalen Endbereichs der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') mit im wesentlichen konstanter Intensität austritt.
5. Applikationsvorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität des aus dem distalen Endbereich der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') austretenden Lichtes über den gesamten distalen Endbereich im wesentlichen konstant ist.
6. Applikationsvorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Streueinrichtungen (9, 9') über den Endbereich (5, 5', 5'', 5''') des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') in Umfangsrichtung des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') derart ungleichmäßig verteilt angeordnet sind und/oder in Umfangsrichtung des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') über eine derart ungleichmäßige Größenverteilung verfügen, daß die Intensität des radial zur Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') abgestrahlten Lichts zur Behandlung des Körpergewebes in Umfangsrichtung der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') variiert.
7. Applikationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Streueinrichtungen (9, 9') über den Endbereich (5, 5', 5'', 5''') des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') derart verteilt angeordnet sind und/oder über eine derartige Größe verfügen, daß der in Lichtleitrichtung der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') aus der distalen Endfläche (2.1, 2.1') des Faserkerns (2, 2') austretende Anteil des Lichts zur Behandlung des Körpergewebes höchstens 10% beträgt.
8. Applikationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichte und/oder die Größe der Streueinrichtungen (9, 9') über den Endbereich (5, 5', 5'', 5''') des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') in Längsrichtung des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') variiert.

zum distalen Ende der Lichtleitfaser (1, 1', 1", 1''') hin exponentiell zunimmt.

9. Applikationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Streueinrichtungen (9') im wesentlichen über die gesamte Länge des Endbereichs (5') im wesentlichen über den gesamten Querschnitt des Endbereichs (5') verteilt sind.

10. Applikationsvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Streueinrichtungen (9') in Radialrichtung des Faserkerns (2') gleichmäßig verteilt sind.

11. Applikationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Streueinrichtungen (9) über den distalen Endbereich (5) des Faserkerns (2) in einem schmalen Ringbereich (7) angeordnet sind, dessen innere Mantelfläche (7.2) einen geringen, im wesentlichen konstanten senkrechten Abstand von der Mantelfläche (2.2) des Faserkerns (2) aufweist.

12. Applikationsvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein sich höchstens über 20% der Länge des Endbereichs (5) erstreckender, an die distale Endfläche (2.1) des Faserkerns (2) anschließender Abschnitt (8) vorgesehen ist, in dem die Streueinrichtungen (9) im wesentlichen über den gesamten Querschnitt des Endbereichs (5) verteilt sind.

13. Applikationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Streueinrichtungen (9, 9') etwa 0,2 bis 4%, vorzugsweise 0,25 bis 2,5% des Durchmessers des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') beträgt und/oder daß der Durchmesser der Streueinrichtungen (9, 9') zwischen 1 und 20 µm, vorzugsweise zwischen 1 und 10 µm liegt.

14. Applikationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der distale Endbereich (5, 5', 5'') des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') mit einem optischen Mantel (3, 3') versehen ist und/oder der distale Endbereich der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') mit einem äußeren Hüllmantel (4, 4') und/oder einer Schutzkappe (6) aus Glas oder Kunststoff versehen ist.

15. Applikationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') flexibel ausgebildet ist.

16. Applikationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') in einem Hüllkatheter (12) angeordnet ist, der zum Spülen des distalen Endes der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') mit einem Gas oder einer Flüssigkeit geeignet ist.

17. Applikationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Teil des distalen Endes der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') konisch ausgebildet ist.

18. Verfahren zur Herstellung einer Applikationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Streueinrichtungen (9, 9') jeweils durch einen Strahl gebündelter elektromagnetischer Wellen erzeugt werden, dessen Energie im Brennpunkt ausreicht, um in der Struktur im Innern des Faserkerns eine Strukturveränderung zu bewirken, die die jeweilige Streueinrichtung (9, 9') bildet.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Strahl um einen ein Laserstrahl handelt.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß während der Erzeugung der Streu-

einrichtungen (9, 9') im Faserkern (2, 2', 2'', 2''') kontinuierlich oder intermittierend Kontrolllicht in das proximale Ende der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') eingekoppelt und durch die Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') gesandt wird, daß kontinuierlich oder intermittierend die Intensitätsverteilung des über das distale Ende der bearbeiteten Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') abgestrahlten Kontrolllichts gemessen wird und daß in Abhängigkeit von der gemessenen Intensitätsverteilung des am distalen Ende der bearbeiteten Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') abgestrahlten Kontrolllichts die räumliche Verteilung und/oder die Größe der Streueinrichtungen (9, 9') geregelt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe der jeweiligen Streueinrichtung (9, 9') durch die Einschaltdauer des Strahls, dessen Intensität und Energie sowie die Parameter der Fokussierung bestimmt wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das distale Ende (5, 5', 5'') des Faserkerns (2, 2', 2'', 2''') nach der Erzeugung der Streueinrichtungen (9, 9') mit einem optischen Mantel (3, 3') versehen wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Erzeugen der Streueinrichtungen (9, 9') im Faserkern (2, 2', 2'', 2''') von Lichtleitfasern (1, 1', 1'', 1'''), deren Faserkern (2, 2', 2'', 2''') bereits mit einem optischen Mantel (3, 3') versehen ist, unter Belassen des optischen Mantels (3, 3') auf dem Faserkern (2, 2', 2'', 2''') erfolgt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das distale Ende der Lichtleitfaser (1, 1', 1'', 1''') mit einem Hüllmantel (4, 4') und/oder einer Schutzkappe (6) aus Glas oder Kunststoff versehen wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

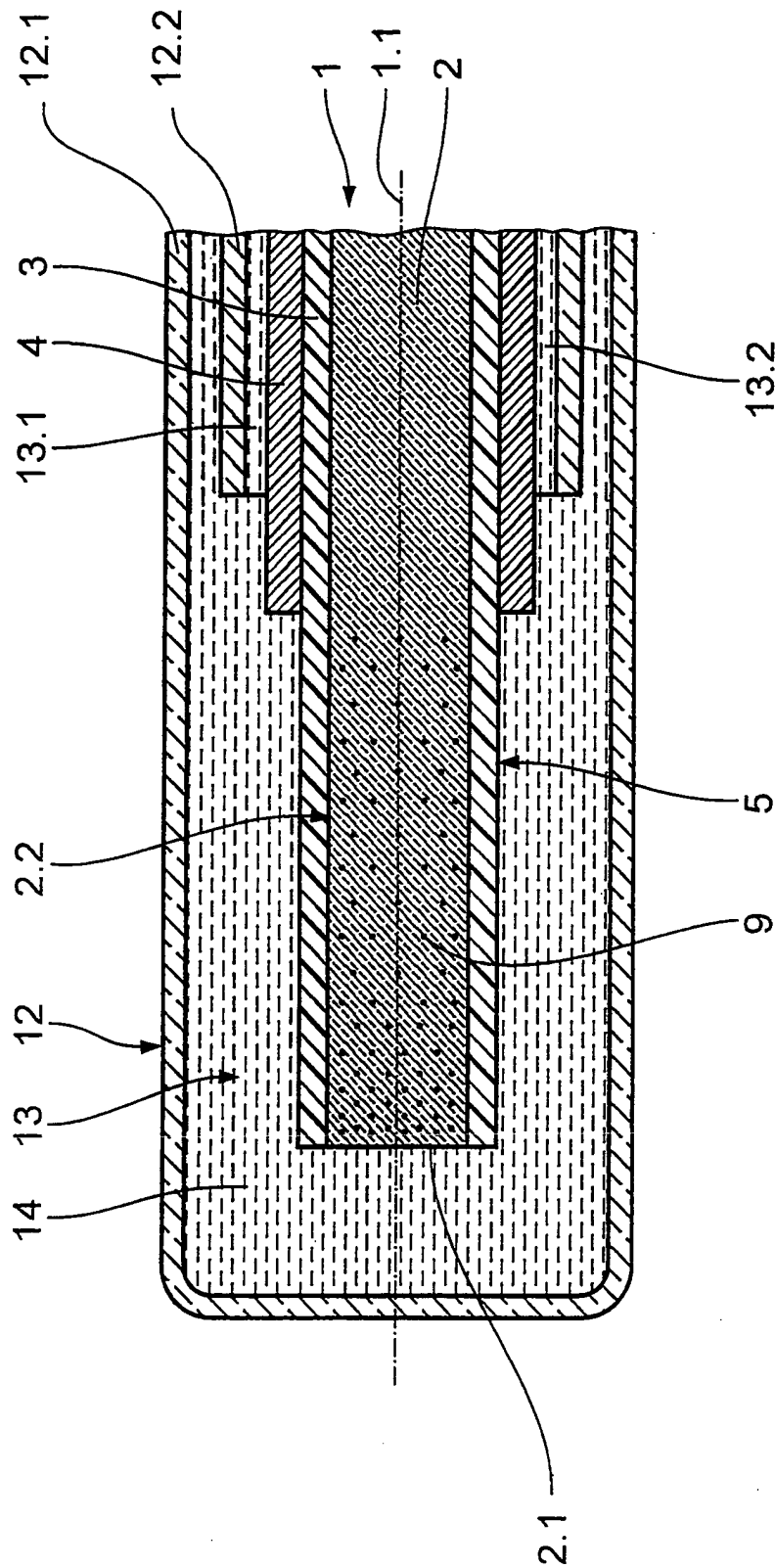


Fig.1

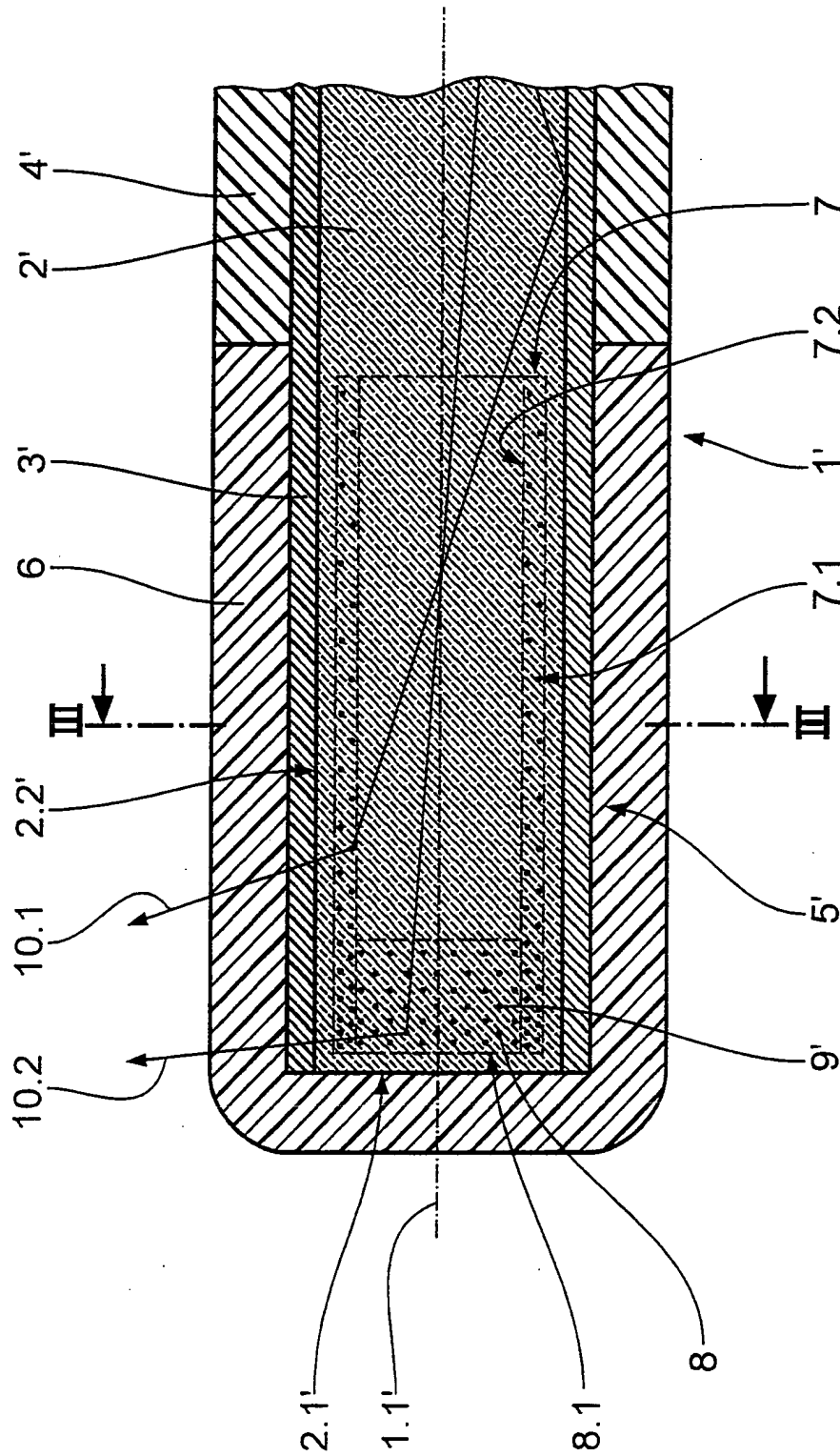


Fig.2

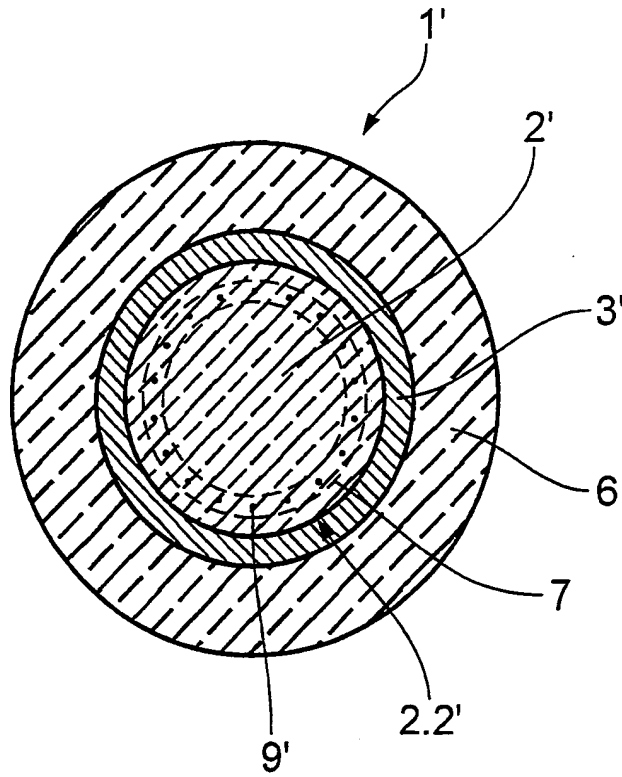


Fig.3

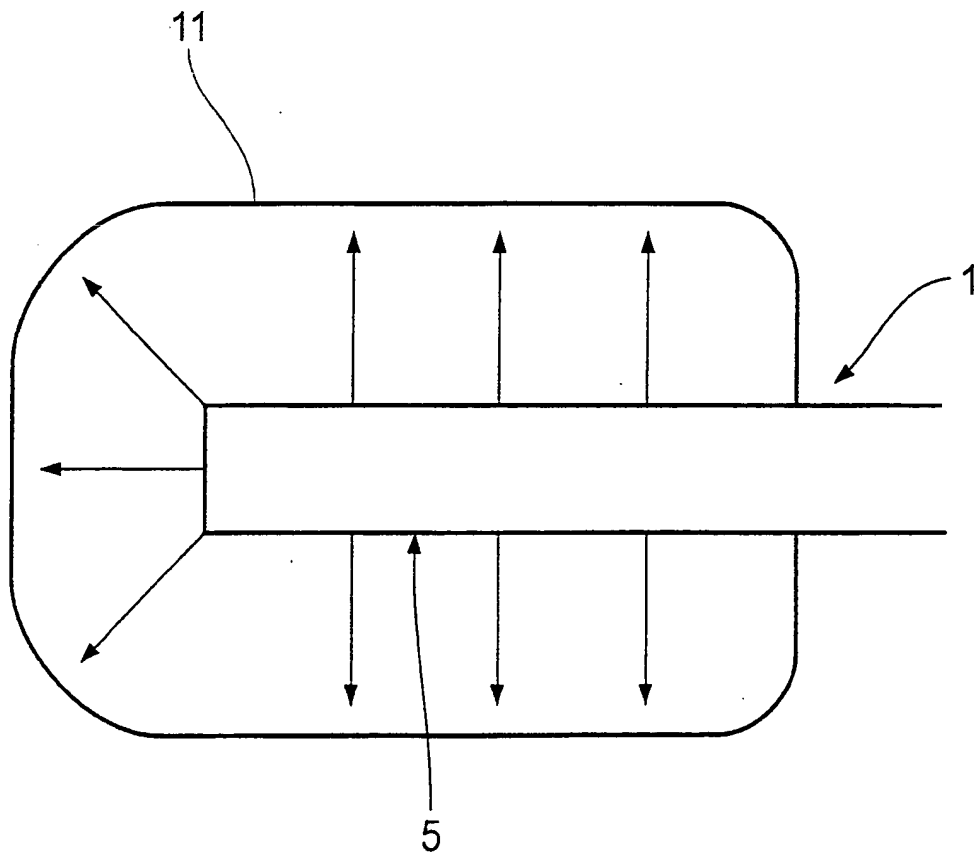


Fig.4

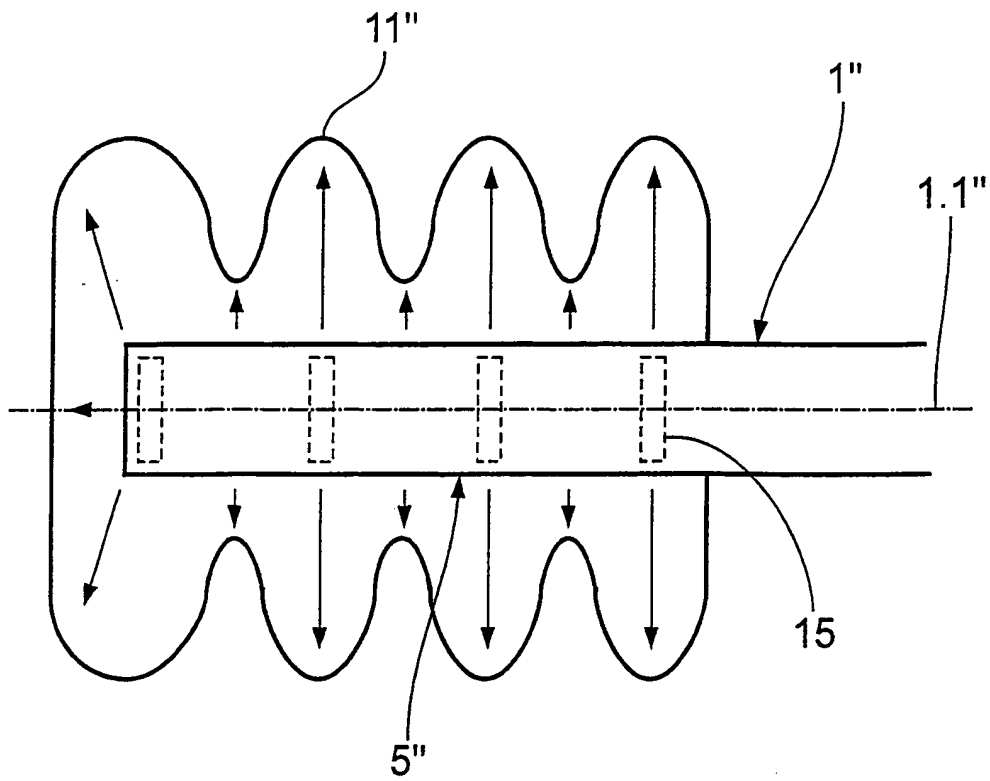


Fig. 5

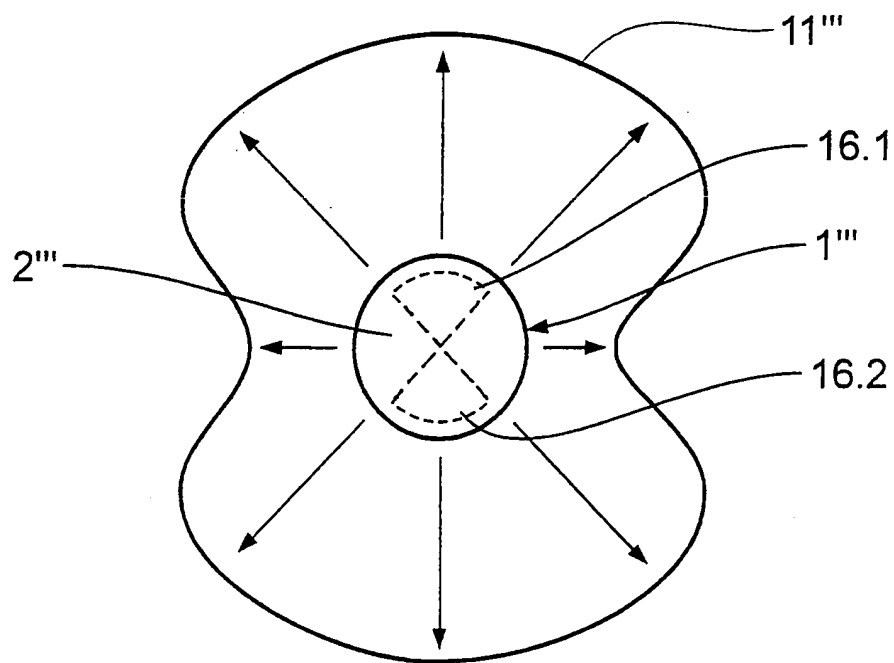


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.